

NFC 2004

PCT/EP 03/06019

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



REC'D 04 NOV 2003

WIPO PCT

## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 25 610.1

**Anmeldetag:** 07. Juni 2002

**Anmelder/Inhaber:** TRINAMIC MICROCHIPS GmbH,  
Hamburg/DE

**Bezeichnung:** Verfahren und Schaltungsanordnung zum Betreiben  
von Schrittmotoren

**IPC:** H 02 P 8/34

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 18. September 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Wellinger

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1 (a) OR (b)

Feld Nr. VIII (iv) **ERKLÄRUNG: ERFINDERERKLÄRUNG** (nur im Hinblick auf die Bestimmung der **PCT/EP03/06019** von Amerika)

Die Erklärung muß dem in Abschnitt 214 vorgeschriebenen Wortlaut entsprechen; siehe Anmerkungen zu den Feldern VIII, VIII (i) bis (iv) (allgemein) und insbesondere die Anmerkungen zum Feld Nr. VIII (iv). Wird dieses Feld nicht benutzt, so sollte dieses Blatt dem Antrag nicht beigelegt werden.

**Erfindererklärung (Regeln 4.17 Ziffer iv und 51bis.1 Absatz a Ziffer iv)  
im Hinblick auf die Bestimmung der Vereinigten Staaten von Amerika:**

Ich erkläre hiermit an Eides Statt, daß ich nach bestem Wissen der ursprüngliche, erste und alleinige Erfinder (falls nachstehend nur ein Erfinder angegeben ist) oder Miterfinder (falls nachstehend mehr als ein Erfinder angegeben ist) des beanspruchten Gegenstandes bin, für den ein Patent beantragt wird.

Diese Erklärung wird im Hinblick auf und als Teil dieser internationalen Anmeldung abgegeben (falls die Erklärung zusammen mit der Anmeldung eingereicht wird).

Diese Erklärung wird im Hinblick auf die internationale Anmeldung Nr. PCT/EP03/06019 ..... abgegeben (falls diese Erklärung nach Regel 26ter eingereicht wird).

Ich erkläre hiermit an Eides Statt, daß mein Wohnsitz, meine Postanschrift und meine Staatsangehörigkeit den neben meinem Namen aufgeführten Angaben entsprechen.

Ich bestätige hiermit, daß ich den Inhalt der oben angegebenen internationalen Anmeldung, einschließlich ihrer Ansprüche, durchgesehen und verstanden habe. Ich habe im Antragsformular dieser internationalen Anmeldung gemäß PCT Regel 4.10 sämtliche Auslandsanmeldungen angegeben und habe nachstehend unter der Überschrift "Frühere Anmeldungen", unter Angabe des Aktenzeichens, des Staates oder Mitglieds der Welthandelsorganisation, des Tages, Monats und Jahres der Anmeldung, sämtliche Anmeldungen für ein Patent bzw. eine Erfinderurkunde in einem anderen Staat als den Vereinigten Staaten von Amerika angegeben, einschließlich aller internationalen PCT-Anmeldungen, die wenigstens ein anderes Land als die Vereinigten Staaten von Amerika bestimmen, deren Anmeldetag dem der Anmeldung, deren Priorität beansprucht wird, vorangeht.

Frühere Anmeldungen: DE, 102 25 610.1 vom 07. Juni 2002 .....

Ich erkenne hiermit meine Pflicht zur Offenbarung jeglicher Informationen an, die nach meinem Wissen zur Prüfung der Patentfähigkeit in Einklang mit Title 37, Code of Federal Regulations, § 1.56 von Belang sind, einschließlich, im Hinblick auf Teilfortsetzungsanmeldungen, Informationen, die im Zeitraum zwischen dem Anmeldetag der früheren Patentanmeldung und dem internationalen PCT-Anmeldedatum der Teilfortsetzungsanmeldung bekannt geworden sind.

Ich erkläre hiermit, daß alle in der vorliegenden Erklärung von mir gemachten Angaben nach bestem Wissen und Gewissen der Wahrheit entsprechen, und ferner, daß ich diese eidesstattliche Erklärung in Kenntnis dessen ablege, daß wissentlich und vorsätzlich falsche Angaben oder dergleichen gemäß § 1001, Title 18 des US-Codes strafbar sind und mit Geldstrafe und/oder Gefängnis bestraft werden können und daß derartige wissentlich und vorsätzlich falsche Angaben die Rechtswirksamkeit der vorliegenden Patentanmeldung oder eines aufgrund deren erteilten Patentes gefährden können.

Name: LARSSON, Lars

Wohnsitz: DE

(Stadt und US-Staat, falls anwendbar, sonst Land)

Postanschrift: Isekai 1

20249 Hamburg

Staatsangehörigkeit: DE

Unterschrift des Erfinders: Lars Larsson  
(falls nicht bereits das Antragsformular unterschrieben wird oder falls die Erklärung nach Einreichung der internationalen Anmeldung nach Regel 26ter berichtigt oder hinzugefügt wird. Die Unterschrift muß die des Erfinders sein, nicht die des Anwalts)

Datum: 20. Jani 2003  
(der Unterschrift, falls das Antragsformular nicht unterschrieben wird oder der Erklärung, die nach Regel 26ter nach Einreichung der internationalen Anmeldung berichtigt oder hinzugefügt wird)

Name: .....

Wohnsitz: .....

(Stadt und US-Staat, falls anwendbar, sonst Land)

Postanschrift: .....

Staatsangehörigkeit: .....

Unterschrift des Erfinders: Lars Larsson  
(falls nicht bereits das Antragsformular unterschrieben wird oder falls die Erklärung nach Einreichung der internationalen Anmeldung nach Regel 26ter berichtigt oder hinzugefügt wird. Die Unterschrift muß die des Erfinders sein, nicht die des Anwalts)

Datum: 20. Jani 2003  
(der Unterschrift, falls das Antragsformular nicht unterschrieben wird oder der Erklärung, die nach Regel 26ter nach Einreichung der internationalen Anmeldung berichtigt oder hinzugefügt wird)

☐ Diese Erklärung wird auf dem folgenden Blatt fortgeführt, "Fortsetzungsblatt für Feld Nr. VIII (iv)".

## Verfahren und Schaltungsanordnung zum Betreiben von Schrittmotoren

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Schaltungsanordnung zum Betreiben von Schrittmotoren oder anderen geeignet dimensionierten Synchronmotoren.

5

Schrittmotoren lassen sich bekanntlich präzise gesteuert bewegen und gesteuert positionieren. Die Drehstellung eines magnetischen Rotors folgt dabei einem magnetischen Feld, das durch phasenverschobene Bestromung einer Mehrzahl von Spulen erzeugt wird, die um den Rotor angeordnet sind. Wenn ein Schrittmotor nicht nur zur relativen, sondern auch zur absoluten Positionierung eines Gegenstandes dienen soll, so ist zunächst eine Referenzposition zu bestimmen, auf die die absolute Position bezogen werden kann. Eine gesteuerte absolute Positionierung ist dann solange möglich, wie die Steuerung des Schrittmotors unter Berücksichtigung seiner charakteristischen Bewegungsparameter wie Drehwinkel, Geschwindigkeit und Beschleunigung erfolgt.

15

Zur Bestimmung einer Referenzposition sind im wesentlichen zwei Alternativen bekannt. Dies sind zum einen die mechanische Referenzfahrt, bei der der Motor gegen eine mechanische, als Referenzposition dienende Begrenzung oder einen Anschlag gefahren wird, und zum anderen die elektrische Referenzfahrt, bei der ein Sensor (zum Beispiel ein elektromechanischer Schalter oder eine Lichtschranke) beim Erreichen einer Referenzposition ein entsprechendes Signal erzeugt.

20

Beide Alternativen haben Vor- und Nachteile. Während bei der mechanischen Referenzfahrt mit Geräuscentwicklung und einem erhöhten Verschleiß durch die mechanische Belastung zu rechnen ist, ist die Realisierung der elektrischen Referenzfahrt aufgrund der Sensoren mit höheren Kosten, einem erhöhten konstruktiven Aufwand für die Integration der Sensoren in ein mechatronisches System sowie mit zusätzlichem Verkabelungsaufwand verbunden, wobei insbesondere unter rauen Umgebungsbedingungen auch die Zuverlässigkeit der Sensoren selbst ein Problem darstellen kann.

25

30

Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass durch bestimmte Betriebszustände wie plötzlich auftretende Lastwechsel durch Hindernisse o. ä. im laufenden Betrieb eines Schrittmotors Schrittverluste auftreten können, die eine erneute Referenzfahrt notwendig machen. Es gibt jedoch Anwendungen, bei denen eine Referenzfahrt im

35

laufenden Betrieb nicht möglich ist, so dass neben der einmaligen Bestimmung der Referenzposition auch eine Überwachung des Betriebszustandes des Schrittmotors im laufenden Betrieb - insbesondere jedoch ohne zusätzliche Sensoren - wünschenswert ist.

5

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Schaltungsanordnung zum Betreiben eines Schrittmotors (oder eines anderen geeignet dimensionierten Synchronmotors) zu schaffen, mit dem / der in einfacher Weise ein Betriebszustand überwacht und insbesondere eine Referenzposition des Motors bestimmt werden kann.

10

Gelöst wird diese Aufgabe gemäß Anspruch 1 mit einem Verfahren zum Betreiben eines Schrittmotors in einer ersten Betriebsart für einen normalen Motorbetrieb, in dem ein Wechselstrom in mindestens eine der Spulen des Schrittmotors eingeprägt wird, sowie in einer zweiten Betriebsart zur Erfassung eines Betriebszustandes des Motors anhand der Höhe eines in der kurzgeschlossenen Spule fließenden Messstroms, der im wesentlichen durch eine durch einen Rotor des Motors in der Spule gegeninduzierte Spannung erzeugt wird, wobei die zweite Betriebsart für die Spule innerhalb eines Zeitfensters der ersten Betriebsart aktiviert wird, wenn sich der in die betreffende Spule eingeprägte Wechselstrom an einen Nulldurchgang annähert.

15

Die Aufgabe wird ferner gemäß Anspruch 6 mit einer Schaltungsanordnung zum Betreiben eines Schrittmotors, insbesondere nach einem erfindungsgemäßen Verfahren gelöst, die eine Einrichtung aufweist, die zur Erfassung eines Betriebszustandes des Motors anhand der Höhe eines in einer kurzgeschlossenen Spule fließenden Messstroms vorgesehen ist, der im wesentlichen durch eine durch einen Rotor des Motors in der Spule gegeninduzierte Spannung erzeugt wird, wenn sich der in die betreffende Spule eingeprägte Wechselstrom an einen Nulldurchgang annähert.

20

Ein allgemeiner Vorteil dieser Lösungen besteht darin, dass keine Sensoren erforderlich sind und eine relativ einfache und kostengünstige Realisierung möglich ist, auch wenn der Motor zum Beispiel mit Pulsweitenmodulation angesteuert wird.

25

Insbesondere kann durch Fahren des Motors gegen einen mechanischen Anschlag und den dadurch veränderten Betriebszustand auch eine Referenzposition des Motors sensorlos erkannt werden. Die mit einer üblichen sensorlosen Bestimmung

30

35

einer Referenzposition verbundenen Nachteile wie mechanischer Verschleiß und Geräuschentwicklung treten dabei nicht oder in nur wesentlich geringerem Maße in Erscheinung.

- 5 Die Unteransprüche haben vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung zum Inhalt.

Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform anhand der Zeichnungen. Es zeigt:

10

Fig. 1 ein Prinzipschaltbild einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung; und  
Fig. 2 ein Diagramm verschiedener Spannungs- und Stromverläufe zur Anschlagerkennung.

15

Figur 1 zeigt ein Prinzipschaltbild einer Schaltungsanordnung, die mit einem Schalter S zwischen einer ersten Betriebsart für einen normalen Motorbetrieb (Schalterstellung 1) und einer zweiten Betriebsart zur Erfassung eines Betriebszustandes und insbesondere einer Referenzposition des Motors (Schalterstellung 0) umgeschaltet werden kann, die durch Messung einer mechanischen Lastveränderung beim Fahren  
20 des Schrittmotors gegen einen mechanischen Anschlag ermittelt wird.

20

Der Schrittmotor selbst ist nur in Form einer seiner Spulen L mit einem seriellen Innenwiderstand  $R_L$  dargestellt, wobei eine Mehrzahl dieser Spulen in bekannter Weise kreisförmig um einen magnetischen Rotor angeordnet ist. Alternativ dazu kann  
25 es sich jedoch auch um einen Linear-Schrittmotor handeln.

25

Parallel zu der Spule L (oder einander zugeordneten Spulengruppen) ist jeweils eine Spannungsquelle zur Erzeugung einer Versorgungsspannung  $U_M$  geschaltet, mit der in der ersten Betriebsart ein bestimmter Zielstrom  $I_L$  in die betreffende(n) Spule(n)  
30 eingeprägt wird. Alternativ dazu kann natürlich auch eine entsprechend geregelte Stromquelle vorgesehen sein. In Serie zu jeder Spule L liegt ein Messwiderstand  $R_S$ , an dem eine Messspannung  $U_S$  in Abhängigkeit von einem tatsächlich durch die Spule L fließenden Strom abfällt.

30

35 Die Schaltungsanordnung umfasst weiterhin eine Messschaltung M, an deren Eingang die Messspannung  $U_S$  anliegt und die einen Komparator K zum Vergleichen

der Messspannung  $U_S$  mit einer Vergleichsspannung  $U_R$  aufweist, sowie einen Digital/Analogwandler DAC zur Erzeugung der Vergleichsspannung aus einem der Messschaltung M zugeführten digitalen Signal. Die Vergleichsspannung  $U_R$  kann auch in anderer Weise oder in analoger Form zugeführt werden.

5

Weiterhin ist eine Steuerschaltung C vorgesehen, der das Ausgangssignal des Komparators K zugeführt wird und die über ein Interface I angesteuert werden kann, um in Abhängigkeit von dem Ausgangssignal des Komparators K den Schalter S zwischen seinen beiden Schalterstellungen 0 und 1 umzuschalten beziehungsweise dieses Ausgangssignal einer weiteren Verarbeitung zur Verfügung zu stellen.

10

Im normalen Motorbetrieb (erste Betriebsart) werden in der Schalterstellung 1 die Spulen L phasenverschoben mit Wechselströmen so gespeist, dass in bekannter Weise ein fortschreitendes Magnetfeld entsteht, dem der magnetische Rotor schrittweise oder quasi-kontinuierlich in Mikroschritten folgt.

15

Um einen definierten Zielstrom  $I_L$  in die Spule L einzuprägen, kann die an dem Messwiderstand  $R_S$  abfallende Messspannung  $U_S$  ausgewertet und in bekannter Weise zur Steuerung bzw. Regelung der die Versorgungsspannung  $U_M$  erzeugenden Spannungsquelle (oder einer entsprechenden Stromquelle) verwendet werden.

20

Durch die Bewegung des Rotors und die dadurch verursachte magnetische Flussänderung wird in der Spule L eine elektrische Spannung  $U_{EMK}$  (gegen-) induziert, die der Versorgungsspannung  $U_M$  entgegenwirkt und hinsichtlich ihres Verlaufes im wesentlichen von der Geschwindigkeit des Rotors und dessen momentaner Position relativ zu der Spule abhängig ist. Im Schaltbild der Figur 1 ist diese Spannung durch eine in Serie zu der Spule L geschaltete Spannungsquelle dargestellt, die die Spannung  $U_{EMK}$  erzeugt.

25

Bei einem unbelasteten Schrittmotor, der mit sinus- und cosinusförmigen Spulenströmen  $I_L$  konstanter Frequenz gespeist wird, sind die induzierten Spannungen  $U_{EMK}$  im Idealfall ebenfalls sinus- und cosinusförmig und mit den Spulenströmen  $I_L$  in den betreffenden Spulen L in Phase. Phasenverschiebungen konstanter Art und andere Verläufe der Spannungen  $U_{EMK}$  können jedoch durch die Bauart des Motors und insbesondere die geometrische Form des Rotors und des Stators sowie deren Magnetisierung verursacht werden.

35

Weiterhin treten insbesondere bei einer mechanischen Belastung des Motors unterschiedliche Phasenverschiebungen der Spannung  $U_{EMK}$  durch einen von Null verschiedenen Lastwinkel (Winkel zwischen dem Rotor und der Hauptrichtung des magnetischen Feldes) auf.

Wenn der Schrittmotor über eine Grenze hinaus mechanisch belastet wird, so kann er darüberhinaus um ein oder mehrere ganzzahlige Vielfache der Stromperiode (vier Vollschrte bei einem 2-Phasen-Schrittmotor) springen und auf diese Weise Schritte verlieren. Dabei tritt zwischen dem Spulenstrom  $I_L$  und der gegeninduzierten Spannung  $U_{EMK}$  ebenfalls eine Phasenverschiebung auf, wobei sich auch der Verlauf der Spannung  $U_{EMK}$  aufgrund der Sprünge erheblich verändern kann.

Der zeitliche Verlauf des Zielstroms  $I_L$  durch die Spulen  $L$  ist nicht zwingend sinus- und cosinusförmig. In Abhängigkeit von dem Typ des Schrittmotors kann mit trapez- oder dreieckförmigen Bestromungsmustern oder Mischformen davon ein besseres Laufverhalten erzielt werden.

In einer zweiten Betriebsart eignet sich die gegeninduzierte Spannung  $U_{EMK}$  grundsätzlich jedoch trotzdem zur Bestimmung der oben erläuterten Bewegungs- und Lastzustände des Schrittmotors, d. h. seines Betriebszustandes, und damit auch zur Detektion eines mechanischen Anschlages zum Beispiel an einer Referenzposition, da die Höhe der Spannung  $U_{EMK}$  neben der Geschwindigkeit insbesondere von dem Lastwinkel des Rotors und damit dem Lastzustand des Motors abhängig ist.

Die Spannung  $U_{EMK}$  könnte bei einer nicht bestromten Spule  $L$  direkt über den Klemmen der Spule gemessen werden. Da jedoch eine solche Spule  $L$  keinen Beitrag zum Drehmoment des Motors leistet, ist diese Art der Erfassung nicht wünschenswert. Auch ein schneller Wechsel zwischen bestromtem und nicht bestromtem Zustand ist aufgrund der dabei auftretenden, relativ hohen Induktionsspannungen nicht wünschenswert.

Erfindungsgemäß wird die gegeninduzierte Spannung  $U_{EMK}$  in der zweiten Betriebsart durch Abtrennen der Spule von der Versorgungsspannung  $U_M$  (bzw. der Stromquelle) und Kurzschließen der Spule ermittelt, und zwar jeweils periodisch innerhalb von solchen Zeitfenstern, in denen der durch die betreffende Spule  $L$  flie-

ßende Strom  $I_L$  relativ gering ist, das heißt kurz vor und nach dem Polaritätswechsel dieses Stroms bzw. der diesen einprägenden Versorgungsspannung  $U_M$ .

Zu diesem Zweck wird der Schalters S in die Schalterstellung 0 umgeschaltet.

5

Der Beginn der Zeitfenster braucht dabei nicht durch Überwachung der Messspannung  $U_S$  und Vergleich mit einer Vergleichsspannung bestimmt zu werden. Vielmehr ist der Beginn und die Länge der Zeitfenster durch den bekannten bzw. festgelegten Verlauf der Versorgungsspannung  $U_M$  bzw. den Verlauf des in die betreffende Spule eingepprägten Stroms  $I_L$  gegeben, so dass die Steuerschaltung C zum Umschalten des Schalters S direkt über das Interface I entsprechend angesteuert werden kann.

10

Die gegeninduzierte Spannung  $U_{EMK}$  treibt in dem dadurch kurzgeschlossenen Spulenkreis nun einen Strom  $I_{S,EMK}$ , der an dem Messwiderstand  $R_S$  einen entsprechenden Spannungsabfall  $U_{S,EMK}$  erzeugt.

15

Diese Spannung  $U_{S,EMK}$  wird wiederum mit der Messschaltung M ausgewertet, um den Betriebszustand des Motors zu ermitteln und festzustellen, ob der Motor unter einer mehr oder weniger hohen mechanischen Last oder sogar gegen einen mechanischen Anschlag läuft.

20

Dazu wird die Spannung  $U_{S,EMK}$  in dem Komparator K mit verschiedenen Schwellwerten  $U_{SO}$ ,  $U_{SU}$  verglichen wird, die in Abhängigkeit von der Drehgeschwindigkeit des Motors festgelegt und als digitale Werte über das Interface I und die Steuerschaltung C dem Digital/Analogwandler DAC (oder auch analog) zugeführt werden.

25

Diese Auswertung soll anhand des Diagramms der Figur 2 erläutert werden. Dabei bezeichnet die vertikale Achse die Höhe des Stroms bzw. der Spannung, während auf der horizontalen Achse die Periodendauer aufgetragen ist.

30

Der in der Umgebung des Zeitfensters Z durch die Spule L fließende Spulenstrom  $I_L$  ist mit einer durchgezogenen Linie dargestellt. Dieser Spulenstrom  $I_L$  ist innerhalb des Zeitfensters Z, in dem der Spulenkreis durch Umschalten des Schalters S in die Schalterstellung 0 kurzgeschlossen ist, Null. Statt dessen fließt innerhalb des

35



Zeitfensters  $Z$  im wesentlichen ein durch die gegeninduzierte Spannung  $U_{EMK}$  hervorgerufener Strom  $I_{S,EMK}$ , durch den an dem Messwiderstand  $R_S$  eine Messspannung  $U_{S,EMK}$  abfällt.

- 5 Weiterhin ist in dieses Diagramm mit einer gestrichelten Linie auch der Verlauf der gegeninduzierten Spannung  $U_{EMK}$  eingetragen, die im hier dargestellten Fall bei unbelastetem idealisierten Motor mit dem Spulenstrom  $I_L$  in Phase ist.

- 10 Die Höhe des innerhalb des Zeitfensters  $Z$  fließenden Stroms  $I_{S,EMK}$  und somit die Höhe der durch diesen erzeugten Messspannung  $U_{S,EMK}$  ist von der Drehgeschwindigkeit und dem durch eine Last verursachten Lastwinkel des Motors abhängig.

- 15 Eine Laständerung führt dabei zu einer Phasenverschiebung der gegeninduzierten Spannung  $U_{EMK}$  und somit zu einer Änderung des von dieser in dem Spulenkreis getriebenen Stroms. Diese Änderung hat wiederum eine Änderung des innerhalb des Zeitfensters  $Z$  fließenden Messstroms  $I_{S,EMK}$  zur Folge, die durch Auswertung der Messspannung  $U_{S,EMK}$  erfasst wird.

- 20 Somit kann durch einen Vergleich der Messspannungen  $U_{S,EMK}$  in aufeinanderfolgenden Zeitfenstern  $Z$  eine Änderung der Last des Motors erkannt werden. Insbesondere ist es möglich, die beim Fahren gegen einen mechanischen Anschlag auftretende Laständerung zu erkennen und auf diese Weise eine Referenzposition festzulegen bzw. zu definieren.

- 25 Laständerungen werden vorzugsweise durch einen Vergleich der Messspannung  $U_{S,EMK}$  innerhalb der Zeitfenster  $Z$  mit Schwellwerten erkannt, die in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit des Motors festgelegt werden.

- 30 So sind zum Beispiel gemäß Figur 2 ein oberer und ein unterer Schwellwert  $U_{SO}$ ,  $U_{SU}$  für die Messspannung  $U_{S,EMK}$  so festgelegt, dass bei einer bestimmten Geschwindigkeit und relativ geringer Last des Motors die Messspannung  $U_{S,EMK}$  größer ist, als der obere Schwellwert  $U_{SO}$ , während bei einer mechanischen Lasterhöhung, die durch ein Fahren gegen einen mechanischen Anschlag verursacht wird, die Messspannung  $U_{S,EMK}$  unter dem unteren Schwellwert  $U_{SU}$  liegt.

35

Die Ströme  $I_{SO}$ ,  $I_{SU}$ , die bei den beiden Schwellwerten  $U_{SO}$ ,  $U_{SU}$  der Messspannung

jeweils innerhalb des Zeitfensters Z fließen, sind mit gestrichelten Linien angedeutet.

5 Mit der Messschaltung gemäß Figur 1 wird somit die Messspannung  $U_{S,EMK}$  innerhalb eines Zeitfensters Z mit den beiden Schwellwerten  $U_{SO}$ ,  $U_{SU}$  verglichen, wobei die Messspannung an einem Eingang des Komparators K und jeweils ein Schwellwert an dem anderen Eingang des Komparators K anliegt. Die Schwellwerte  $U_{SO}$ ,  $U_{SU}$  werden über das Interface I und die Steuerschaltung C dem Digital/Analogwandler DAC zugeführt.

10

Wenn die Messspannung  $U_{S,EMK}$  kleiner ist, als der untere Schwellwert  $U_{SU}$ , so wird über die Steuereinheit C und das Interface I ein Signal erzeugt, mit dem das Erreichen einer Referenzposition an einem mechanischen Anschlag angezeigt wird.

15

Wenn die Messspannung  $U_{S,EMK}$  zwischen den beiden Schwellwerten  $U_{SO}$ ,  $U_{SU}$  liegt, so kann in entsprechender Weise ein Signal erzeugt werden, mit dem eine erhöhte Motorlast angezeigt wird.

20

Wenn schließlich die Messspannung  $U_{S,EMK}$  größer ist, als der obere Schwellwert  $U_{SO}$ , so kann ein Signal erzeugt werden, mit dem angezeigt wird, dass der Motor mit relativ geringer Last läuft.

25

Für die Realisierung der Erfindung ist als Randbedingungen zu fordern, dass der Innenwiderstand  $R_L$  der betreffenden Spulen L in der Größenordnung des Messwiderstandes  $R_S$  liegt, damit die Messspannung  $U_{S,EMK}$  bei der Lastmessung hinreichend groß, das heißt im Bereich der Messspannung  $U_S$  im Normalbetrieb liegt. Sofern ein umschaltbarer Messwiderstand  $R_S$  vorgesehen ist, kann die erfindungsgemäße Lösung auch bei hochohmigen Motoren angewendet werden. Wenn hingegen  $R_L \gg R_S$  ist, so sollte die Messschaltung M eine ausreichend hohe Verstärkung aufweisen.

30

35

Besondere Vorteile der Erfindung bestehen darin, dass die Messspannung  $U_{S,EMK}$  unabhängig von der Versorgungsspannung  $U_M$  ist, da sie während eines Zeitfensters erfasst wird, in dem die Versorgungsspannung nicht anliegt. Die durch das Kurzschließen des Spulenkreises entstehende Stromschleife ist niederohmig, so dass die Messspannung  $U_{S,EMK}$  relativ unempfindlich gegen Störungen ist. Außerdem bewirkt der Messwiderstand  $R_S$  bei kurzgeschlossenem Spulenkreis eine Strombe-

grenzung.

Wie bereits erläutert wurde, kann mit der dargestellten Schaltungsanordnung nicht nur ein mechanischer Anschlag, sondern auch eine Last und gegebenenfalls ein  
5 plötzlich auftretendes Hindernis erkannt werden, so dass eine Überwachung des Fahrbetriebes des Motors möglich ist. Ebenso ist eine Lastwinkelmessung prinzipiell möglich.

10 Im Gegensatz zu zahlreichen bekannten Möglichkeiten zur Anslagerkennung ist es hier nicht erforderlich, dass der Motor zurückspringt.

Durch den im Bereich des Nulldurchgangs der Versorgungsspannung bzw. des eingepprägten Spulenstroms kurzgeschlossenen Spulenkreis werden auch eventuelle Resonanzschwingungen gedämpft.

15

Die Phasenverschiebung sowie die Amplitudenabsenkung des periodischen Spulenstroms  $I_L$  reagieren sehr empfindlich auf eine Lastveränderung, gleichzeitig sind beide Größen jedoch sehr unempfindlich gegenüber anderen Störungen, die damit nicht in Zusammenhang stehen, wie zum Beispiel die Einstrahlung elektrischer  
20 Energie. Dadurch ist eine sehr genaue Erfassung auch geringer Lastveränderungen möglich. Darüberhinaus glättet die Spule in dem Spulenkreis eventuelle elektrische Störungen, so dass deren Einfluß weiter vermindert wird.

25 Die Messbedingungen sind innerhalb der Zeitfenster  $Z$  sehr gut definiert und somit sehr gut reproduzierbar. Der innerhalb des Zeitfensters  $Z$  fließende Strom  $I_{S,EMK}$  ist nur abhängig von der Drehgeschwindigkeit des Motors, dem Lastwinkel sowie von Motorkonstanten, jedoch nicht oder nur sehr geringfügig abhängig von Parametern, die driften oder aufgrund von Exemplarstreuungen variieren.

30 Abschließend sei darauf hingewiesen, dass das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung auch zur Anwendung mit anderen Synchronmotoren geeignet ist, sofern diese so dimensioniert sind, dass zumindest einer der Spulenkreise kurzgeschlossen werden kann.

35

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben von Schrittmotoren,  
mit einer ersten Betriebsart für einen normalen Motorbetrieb, in dem ein Wechsel-  
5 strom ( $I_L$ ) in mindestens eine der Spulen (L) des Schrittmotors eingeprägt wird, so-  
wie einer zweiten Betriebsart zur Erfassung eines Betriebszustandes des Motors an-  
hand der Höhe eines in der kurzgeschlossenen Spule (L) fließenden Messstroms  
( $I_{S,EMK}$ ), der im wesentlichen durch eine durch einen Rotor des Motors in der Spule  
(L) gegeninduzierte Spannung ( $U_{EMK}$ ) erzeugt wird, wobei die zweite Betriebsart  
10 für die Spule (L) innerhalb eines Zeitfensters (Z) der ersten Betriebsart aktiviert  
wird, wenn sich der in die betreffende Spule (L) eingeprägte Wechselstrom ( $I_L$ ) an  
einen Nulldurchgang annähert.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
15 bei dem als Betriebszustand die Last des Motors erfasst wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2,  
bei dem das Zeitfenster (Z) für die zweite Betriebsart so in die erste Betriebsart ein-  
gebettet ist, dass es im wesentlichen symmetrisch zu einem Nulldurchgang, des in  
20 der ersten Betriebsart in die betreffende Spule (L) eingeprägten Wechselstroms ( $I_L$ )  
liegt.
4. Verfahren nach Anspruch 1,  
bei dem in der zweiten Betriebsart eine Referenzposition des Motors durch eine  
25 durch Fahren des Motors gegen einen mechanischen Anschlag verursachte me-  
chanische Lastveränderungen ermittelt wird, indem die Höhe des Messstroms  
( $I_{S,EMK}$ ) mit mindestens einem vorbestimmten Schwellwert verglichen wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1,  
30 bei dem die Höhe des in der kurzgeschlossenen Spule (L) fließenden Messstroms  
( $I_{S,EMK}$ ) über einen Spannungsabfall ( $U_{S,EMK}$ ) an einem Messwiderstand ( $R_S$ ) er-  
fasst wird.
6. Schaltungsanordnung zum Betreiben von Schrittmotoren,  
35 insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einer Einrichtung (S;  
M,  $R_S$ ; C) zur Erfassung eines Betriebszustandes des Motors anhand der Höhe eines

in einer kurzgeschlossenen Spule (L) fließenden Messstroms ( $I_{S,EMK}$ ), der im wesentlichen durch eine durch einen Rotor des Motors in der Spule (L) gegeninduzierte Spannung ( $U_{EMK}$ ) erzeugt wird, wenn sich der in die betreffende Spule (L) eingeprägte Wechselstrom ( $I_L$ ) an einen Nulldurchgang annähert.

5

7. Schaltungsanordnung nach Anspruch 6,

bei der die Einrichtung einen Schalter (S) zum Umschalten zwischen einer ersten Betriebsart für normalen Motorbetrieb, in dem ein Wechselstrom ( $I_L$ ) in mindestens eine der Spulen (L) des Schrittmotors eingeprägt wird, sowie einer zweiten Betriebsart zur Erfassung eines Betriebszustandes des Motors aufweist, in der die Spule (L) kurzgeschlossen ist.

10

8. Schaltungsanordnung nach Anspruch 6,

bei der die Einrichtung einen Messwiderstand ( $R_S$ ) in dem kurzgeschlossenen Spulenkreis sowie eine Messschaltung (M) aufweist, mit der eine in der zweiten Betriebsart über dem Messwiderstand ( $R_S$ ) abfallende Messspannung ( $U_{S,EMK}$ ) erfasst und zur Bestimmung eines Betriebszustandes des Motors mit mindestens einem vorbestimmten Schwellwert ( $U_{SO}$ ,  $U_{SU}$ ) verglichen wird.

15

9. Schaltungsanordnung nach Anspruch 7 und 8,

bei der die Einrichtung eine Steuerschaltung (C) zum periodischen Umschalten des Schalters (S) in die zweite Betriebsart in Abhängigkeit von der Frequenz des in die Spule eingepprägten Wechselstroms ( $I_L$ ) aufweist.

20

25

30

35

## Zusammenfassung

### Verfahren und Schaltungsanordnung zum Betreiben von Schrittmotoren

5 Es wird ein Verfahren und eine Schaltungsanordnung zum Betreiben von Schrittmotoren oder anderen geeignet dimensionierten Synchronmotoren beschrieben, bei dem / der zwischen einer ersten Betriebsart für normalen Motorbetrieb und einer  
10 zweiten Betriebsart zur Erkennung eines Betriebszustandes des Motors, wie zum Beispiel dessen Last, umgeschaltet werden kann. Das Verfahren und die Schaltungsanordnung sind insbesondere zur sensorlosen Bestimmung einer Referenzposition des Motors durch Fahren gegen einen mechanischen Anschlag vorgesehen, wobei die dadurch verursachte mechanische Lasterhöhung als veränderter Betriebszustand erfasst wird. (Fig. 1)

15

20

25

30

35

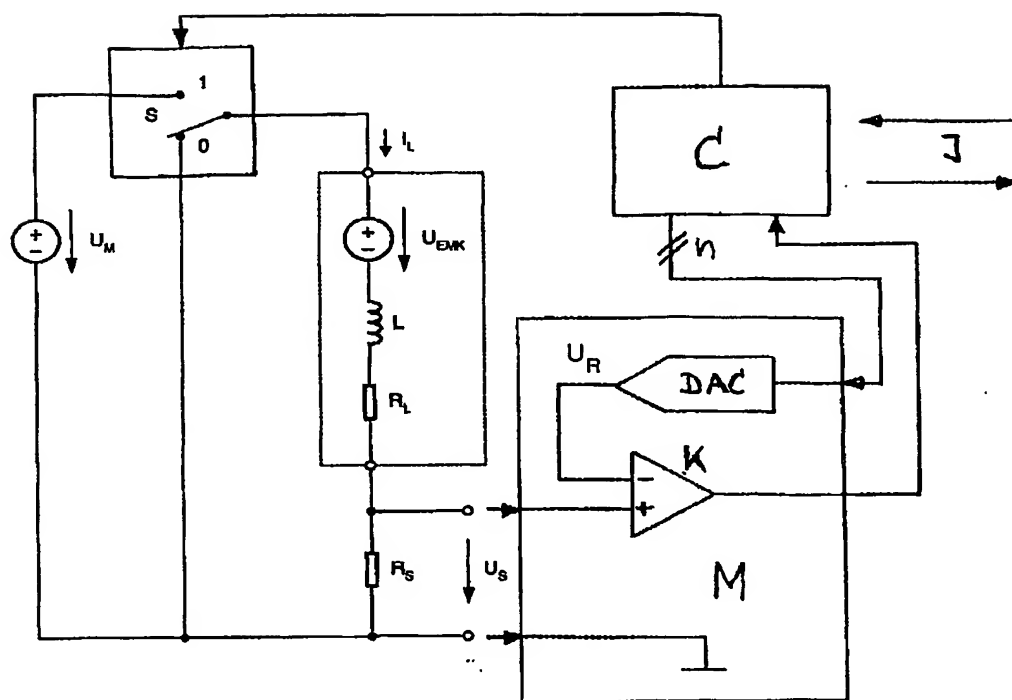


FIG. 1

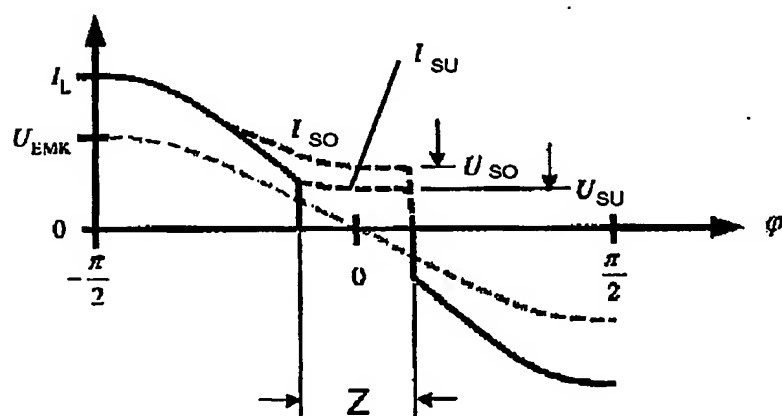


FIG. 2